

الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية

مديرية التدقيق الفني

شرح توضيحي
لطرق إقلاع المحركات
على الناعم
وقيادة المحركات المتغيرة السرعة

**Soft starter
&
Variable speed drive**

إعداد
المهندس خضر

/ ٢٠٠٧/

أ- لمحة عن طرق الإقلاع

إن طرق إقلاع المحركات المعروفة هي :

- الإقلاع المباشر - الإقلاع نجمي / مثلثي - الإقلاع بالمقاومات الأولية
- المفاعلات الأولية - المحول الذاتي - محركات الدائر الملفوف

إضافة إلى قيادة المحركات بنظام السرعة المتغيرة وطريقة الإقلاع الناعم .
ومن المهم هنا أن ننتبه إلى أن خيارات طرق الإقلاع أو قيادة عمل المحركات لا تتوقف فقط على أي الطرق أقلها تياراً للإقلاع ، بل هناك أمور أخرى تحدد أي الطرق أفضل ، إذ على المصمم لأي مشروع أن يفهم طبيعة عمل المحرك منذ لحظة بدء عمله (بدء الإقلاع) ثم ماهو المطلوب منه وماهي الأحمال المربوطة عليه والعزوم التي تسببها على المحرك وماهي متغيرات هذه الأحمال . كل هذا يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار لاختيار طريقة الإقلاع والتحكم المناسبة بعمل المحرك ، وأي خيار خاطئ قد يسبب مشاكل في عمل النظام قد تكون صغيرة وربما تصل إلى حد فشل عمل النظام المصمم .
ونبين فيما يلي شرطاً مهماً يجب تحقيقه ليتم الإقلاع الناجح لأي محرك ، بغض النظر عن طريقة الإقلاع :

$$(U_d)^2.K_m \geq 1.1.mt.kn$$

حيث :

توتر الإقلاع U_{st}

$$U_d = \frac{U_{st}}{n}$$

توتر الاسمي U_n

عزم الإقلاع M_{st}

$$K_m = \frac{M_{st}}{M_n}$$

عزم المحرك الاسمي M_n

mt عامل يؤخذ من الجداول يعبر عن طبيعة عمل المحرك

Kn عامل التحميل الميكانيكي للمحرك.

ومن المهم أيضاً أن نأخذ إضافة لما سبق موضوع توفير الطاقة المستهلكة بعين الاعتبار فمثلاً إن نظام القيادة بالسرعة المتغيرة أكثر توفيراً للطاقة من الإقلاع الناعم في بعض الحالات مثل الأحمال التي يحتاج فيها المحرك لتغيير سرعته بشكل شبه دائم حسب عزم الحمل المتغير ، وهنا يجب الانتباه إلى أن المفاضلة بموضوع توفير الطاقة يجب أن يكون البند الأخير .

ب- الإقلاع الناعم للمحركات التحريضية (شرح وتفاصيل)

Soft Starters for Induction motors

ب/١- الإقلاع الناعم Soft Starter

الإقلاع الناعم هي طريقة أخرى من طرق تقليل توتر الإقلاع للمحركات التحريضية المتناوبة ، وهي طريقة مشابهة لطريقة مقاومات أو مفاعلات الإقلاع المربوطة على التسلسل مع الجزء الثابت للمحرك .

يستخدم بهذه الطريقة عناصر إلكترونية (solid state devices) والتي سنرمز لها اختصاراً (SSS) وذلك ليتم التحكم بالتيار والتوتر أثناء الإقلاع علماً أن التيار الداخل إلى وحدة الإقلاع هو نفس التيار الخارج منه . حيث يوصل المقلع على التسلسل مع ملفات المحرك عبر التغذية الرئيسية ، أو توصل ضمن دائرة الشكل مثلثي لمحرك ذو الملفات مثلثي ، وفي الحالتين يتم التحكم بتوتر كل ملف من ملفات المحرك .

ب/٢- توفير الطاقة

إن الإقلاع الناعم يكون مثالياً لتوفير الطاقة المستجرة أثناء عمل المحرك التحريضي التي تعمل أحمالها بشكل دوري ، وبهذه الحالة يتم التحكم آلياً بالتوتر المطبق على المحرك ، ليتناسب مع ظروف الحمل المختلفة دون المساس بميزات العزم أو السرعة ، وستكون النتيجة بالتالي توفير باستهلاك الطاقة ورفع عامل الاستطاعة . وعلى كل يكون الإقلاع الناعم مثالياً بتوفير الطاقة إضافة لعمله كمقلع بالحالات التالية :

- ** عندما يكون المطلوب إقلاعا ناعماً جداً للتصدي للصدمات المفاجئة التي تحدث لنظام القيادة أو عندما يكون المطلوب إقلاعا متدرجاً لمنع تخريب المنتجات أو العمليات الإنتاجية .
- ** عندما يجب إزالة تأثيرات هبوط التوتر
- ** عندما يجب تحديد التيار المندفع (in-rush) لمنع حدوث هبوط توتر كبير عند عزم عطالة كبير للحمل
- ** من أجل تقليل عامل الطلب عندما تكثر إقلاعات المحركات
- ** عندما يكون عمل الحمل بشكل دوري

ب/٣- مزايا الإقلاع الناعم

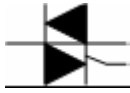
- ** إقلاع ناعم جداً حيث تدرج بالتسارع على مراحل والقضاء على الصدمات المفاجئة التي تحدث أثناء الإقلاع

- ** إنقاص ذروة تيار المحرك أثناء الإقلاع

- ** إنقاص عامل الطلب
- ** تقليل درجة حرارة المحرك وبالتالي زيادة عمره وتقليل الصيانة
- ** حركة مريضة دون أية أضرار
- ** رفع عامل الاستطاعة
- ** تقليل الاستطاعة المستهلكة وبالتالي تقليل فاتورة الطاقة
- ** لا يوجد بالمقلع أجزاء متحركة تتأثر بالغبار أو الأوساخ أو ماشابه من عوامل محيطية
- ** سهل التركيب والتوصيل

ب/٤ - التحكم بالتوتر Voltage Control

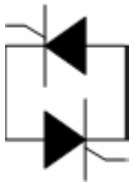
يتم التحكم بالتوتر لطور واحد أو طورين أو ثلاث أطوار بإحدى الطرق التالية:



١ ترياك (Triac) لكل طور



لكل طور مربوطين بالتعاكس على التفرع 1SCR+1Diode



لكل طور مربوطين بالتعاكس على التفرع 2SCRs

ب/٥- حالة الربط الصلبة Solid state switches (SSS)

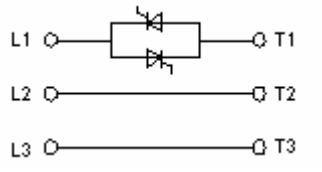
إن التحكم بهذه الطريقة شبيه بدايمر الإنارة (dimmer) حيث يفتح لكل جزء من دورة الموجة. أما التحكم بالتوتر الوسطي للطور فيتم بتغيير زاوية الوصل بين عناصر المفاتيح (SSS) حيث عند زيادة زاوية الوصل يزيد توتر الخرج .
إن التحكم بتوتر الخرج الوسطي بواسطة (SSS) له عدة مزايا منها :

- إن الضياعات في (SSS) عند الإقلاع أقل من ١ % من الضياعات الحاصلة بطريقة الإقلاع بواسطة المقاومات المربوطة مع الثابت.
- سهولة تغيير توتر الإقلاع حسب الظروف الملائمة للتشغيل
- إن طريقة تغيير التوتر عند الإقلاع بواسطة تغيير زاوية الوصل لوحدة (SSS) يجعل من الممكن التحكم بذلك إلكترونياً .
- يمكن أن يتم التحكم الألكتروني وذلك بالبرمجة المسبقة لإحدى الحالتين :
 - برمجة توتر الخرج كتابع للزمن حيث الدارة مفتوحة (Open loop)
 - التحكم بتوتر الخرج عبر المقارنة القياسية مثل المقارنة بين التيار والسرعة حيث الدارة مغلقة (Closed loop) .

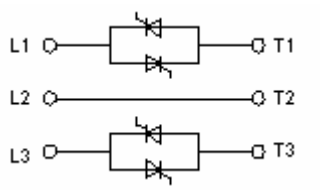
ب/٦- عناصر الربط Switching Elements

عناصر الربط يجب أن تكون قادرة على التحكم بالتيار الداخل للمحرك عند توتر خط التغذية ولكي تكون هناك وثوقية عالية في التغذية ، يجب أن يكون التوتر الاسمي لعناصر الربط ثلاثة أضعاف توتر خط التغذية ، فمثلاً عندما يكون توتر خط التغذية / ٤٠٠ / فولت يجب أن يكون عندئذ توتر عناصر الربط / ١٢٠٠ / فولت ، وكذلك من المهم التأكيد أن هذه التجهيزات يجب أن تكون قادرة على تحمل التيارات العابرة .
ومن المفيد أن نذكر أنه في طريقة الترياك (Triac) / ١٢٠٠ / فولت من الصعب أن يكون قادراً على زيادة الحمل أثناء التيارات العابرة ، وبالتالي من المنطقي أن يكون الخيار بين حالتي SCR-Diode أو SCR - SCR ، مع التنبيه أن هناك بعض أنواع (Triac) يمكن أن تتحمل التيارات العابرة ولكن صعبة المنال .
وعندئذ سيكون التمايز الرئيسي بين الحالتين من ناحية السعر وناحية توالد التوافقيات (harmonics) الناتجة مع توتر الخرج. إن طريقة SCR-SCR تعطي خرجاً متماثلاً وبالتالي تكون مرغوبة من الناحية الفنية حيث التوافقيات قليلة جداً ولكنها غالية الثمن ، أما طريقة SCR-Diode فهي أقل مستوى من الناحية الفنية ولكنها أرخص ثمناً وأسهل استعمالاً .
إن الخوف من التوافقيات جعل طريقة الإقلاع SCR-Diode يقل استعمالها كثيراً .

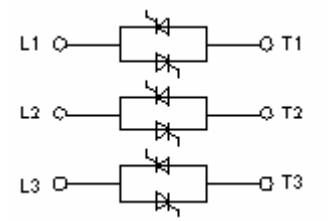
إن Soft starter يمكن أن يصمم للتحكم بطور واحد فقط ، يقل العزم ولكن لا يقلل التيار في طورين (لا يمكن استعمال طريقة SCR/Diode في هذه التوصيلة)



أو يتم التحكم بطورين فقط حيث يقل العزم لكل وحدة إقلاع ولكن لا يقل التيار بشكل متناظر وعندئذ تظهر توافقيات سالبة للتيار تزيد من حرارة الدائر للمحرك ، ويقل العزم (لا يمكن استعمال طريقة SCR/Diode في هذه التوصيلة)

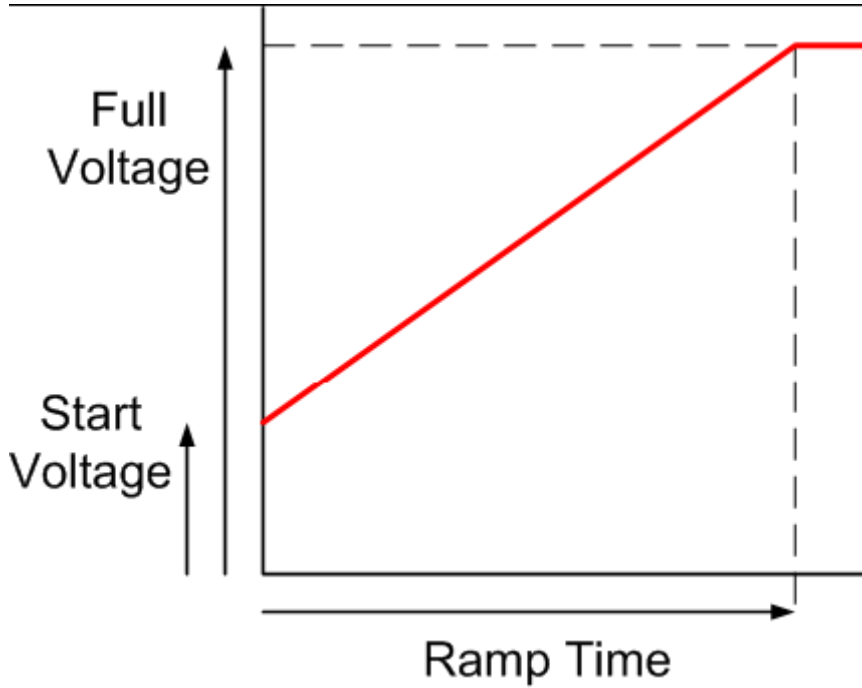


أو يتم التحكم بثلاثة أطوار حيث يقل التيار والعزم بشكل مثالي لكل وحدة إقلاع



ب/٧- التحكم بطريقة الدارة المفتوحة Open Loop Control

التحكم بطريقة الدارة المفتوحة عند الإقلاع تعتمد على إنتاج توتر بداية الإقلاع Start Voltage وهذا التوتر يكون مستقلاً عن التيار المسحوب عند الإقلاع أو سرعة دوران المحرك عندئذ . يبرمج توتر البداية ليكون بداية مرحلة الإقلاع ثم يتابع التوتر ارتفاعه كتابع للزمن حتى يصل إلى التوتر الكامل Full Voltage و زمن تصاعد التوتر من البداية وحتى النهاية يسمى Ramp Time توافقاً مع شكل المنحني



إن نظام زمن تزايد التوتر أثناء الإقلاع (Timed Voltage Ramp) يرمز له (TVR) يعمل بالمطابقة مع التوتر الأولي للمحرك ، وهذا يسبب تزايداً بطيئاً بالتوتر حتى يصل إلى التوتر الكامل. عادةً لا يكون التوتر الأولي قابلاً للتغيير ولكن يمكن تغيير زمن التزايد (TVR) . إن زمن تزايد التوتر (TVR) يرجع إلى تسارع تزايد الزمن ويدرج بالثانية. ولكن هذا ليس مطابقاً لما يحدث تماماً فالتحكم بتسارع المحرك لا يكون بشكل مباشر. حيث يمكن تحميل المحرك بأحمال خفيفة ليتسارع إلى السرعة الكاملة خلال ٦٠ / ثانية وهذا الزمن ينتقى. بشكل عام يكون مجال توتر البداية (Start Voltage) من ١٠% ولغاية ٧٠% من توتر الخط المغذي ، وعلى كل يجب انتقاء نسبة التعبير المناسبة بأقل ما يمكن ولكن تضمن عدم انهيار عزم المحرك عند الإقلاع . وعلى كل تغيير نسبة توتر البداية متعلق بعزم الإقلاع . ولكن هذا لا يعني أن نزيد توتر البداية بحجة زيادة عزم الإقلاع ، إذ أن قيمة عزم الإقلاع متعلقة بتوصيلات المحرك وتصميمه من المصنع ، وبتعبير آخر إن عزم الإقلاع يحدد بالتوافق بين توتر البداية وتصميم المحرك .

وعلى كل يمكن استنتاج عزم الإقلاع من خلال ضرب العامل LRT الذي يعطى مع المحرك بمربع توتر البداية مقسوماً على توتر خط التغذية الاسمي ، وعادة قيمة العامل LRT تكون ما بين (٦٠% و ٣٥٠%) من عزم الإقلاع الكامل .

ب/٨- مخطط توتر الإقلاع

يمكن أن يكون بسيطاً حيث توتر البداية يكون صفراً ويزيد حتى التوتر الكامل ، أو أكثر تعقيداً ليحاكي مقلعات التحكم بالتيار .
إن الإقلاع على الناعم حسب الدارة المفتوحة تطبق توتر إقلاع على المحرك بزمان معين وذلك بغض النظر عن ظروف الحمل للمحرك ، حتى يصل إلى التوتر الكامل ، وذلك حتى بظروف التحميل القاسية على المحرك حيث يمكن تغيير LRT بالشروط التي شرحت سابقاً .

ب/٩- التحكم بطريقة الدارة المغلقة Closed Loop Control

إن مقلعات الدارة المغلقة تقوم بمراقبة مواصفات الخرج وتأثيرات عملية الإقلاع ، ثم تقوم وبشكل فعال بتعديل مخطط توتر الإقلاع ليتناسب مع معطيات الإقلاع . إن التحكم بالتيار عند الإقلاع هو الصفة الغالبة للدارات المغلقة ، فإما أن تعطي تياراً ثابتاً أو تعطي تياراً متصاعداً خلال فترة الإقلاع . ومن النادر أن يتم التحكم بتسارع سرعة المحرك في الدارات المغلقة .
إن حالة الإقلاع بتيار ثابت Constant current starter سيبدأ بالتوتر صفر ومن ثم سيزيد توتر الخرج بسرعة حتى يتم الوصول إلى قيمة تيار المحرك المطلوبة ، ومن ثم يتم تعديل توتر الخرج حتى يصل إلى التوتر الكامل أو تعمل حمايات من زيادة الحمل .
الإقلاع بتيار ثابت يكون مثالياً عندما تكون الأحمال عطالتها كبيرة ، أو عزم الحمل عند الإقلاع لا يتغير .

الإقلاع الناعم بتيار متصاعد Current ramp soft starter هو شبيه جداً بحالات الإقلاع بتيار ثابت ماعداً أن التيار يبدأ من تيار بداية الإقلاع وحتى التيار المعير في نهاية زمن الإقلاع . ويجب الانتباه إلى أن كافة المعطيات (تيار بداية الإقلاع – زمن تصاعد التيار - تيار نهاية الإقلاع) قابلة للتغيير .

إن الإقلاع الناعم بتيار متصاعد له عدة ميزات على الإقلاع بالتيار الثابت منها للآلات التي تتطلب عزم إقلاع متغير مثل الروافع ، أو في الاستعمالات التي تتطلب تقليل لعزم بداية الإقلاع مثل المضخات .

هناك شكل آخر من أشكال الإقلاع بالدارة المغلقة وهو التحكم بالعزم Torque control starter ويستعمل هذا النوع عندما يكون المحرك بظروف عمل انزلاق متباعدة بين عالية ومنخفضة ، وهذا النوع من الإقلاع يستعمل الحساب الرياضي لحساب العزم على مرفق المحرك ، ويقوم بعملية التغذية الخلفية ليتم التحكم بتوتر بداية الإقلاع المطبق على المحرك .

ب/١٠- عزم الإقلاع Starting Torque

من المعروف أنه لتتمكن الآلة من البدء بالحركة يجب أن يعطى المحرك عزمًا كافياً ليتغلب على عزم عطالة المحرك وعزم الحمل المطبق عليه عند الإقلاع ويعطى عزمًا إضافيًا ليتسارع حتى يصل إلى السرعة الكاملة . أي إن الفرق بين عزم الإقلاع الذي يعطى للمحرك عند الإقلاع وبين

عزم إقلاع الحمل يجبر بشكل أساسي لتسريع العزم والذي بدوره يسرع الآلة لتصل لسرعتها الكاملة ، ومن المرغوب عادةً أن يسرع العزم بشكل كبير للآلات ذات عزم عطالة كبير وذلك لتقليل زمن الإقلاع .

ب/١١ - الإيقاف الناعم Soft Stop

يمكن أن تحتوي أجهزة الإقلاع الناعم ميزة الإيقاف الناعم دون زيادة بالتكلفة . علماً أن الإيقاف الناعم معاكس للإقلاع الناعم حيث يتناقص التوتر بالتدرج وبالتالي يتناقص العزم المطبق على المحرك بحيث يصبح أقل من عزم الحمل المطبق على مرفق المحرك ، وبالتالي تتناقص سرعة الحمل إلى النقطة التي يتساوى فيها عزم مرفق المحرك مع عزم الحمل .
بالحالة النموذجية تستعمل الدارة المفتوحة للتوتر المتغير (Open loop voltage ramp) ولكن يوجد نوع آخر للإيقاف الناعم وذلك بالتحكم بالعزم .
إن الإيقاف الناعم بواسطة الدارة المفتوحة يعتمد على مواصفات المحرك ومواصفات الحمل . إن ما يحدث بالإيقاف الناعم إضافة عطالة للحمل وبالتالي زيادة زمن وقوف المحرك ، لذلك يستعمل الإيقاف الناعم للآلات التي زمن توقيفها صغير جداً وبحاجة إلى زيادة زمن الإقلاع .

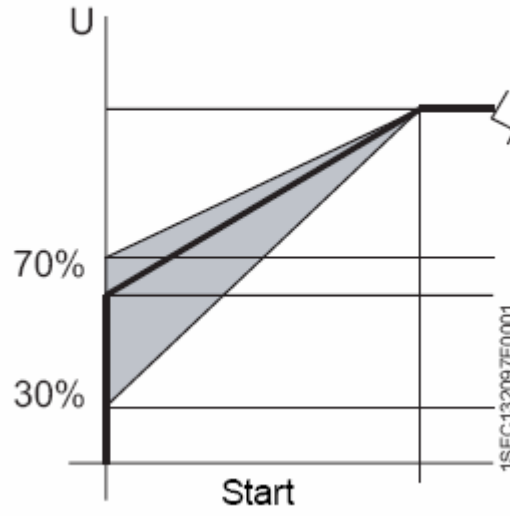
ب/١٢ - الفرملة بالتيار المستمر DC Brake

يمكن إضافة الفرملة بالتيار المستمر إلى دارة الإقلاع الناعم ولكن بالحقيقة لا تكون هذه الإضافة فعالة مثلما لو كانت الدارة مصممة خصيصاً لذلك . ومبدأ عمل هذه الدارة حقن ملفات الثابت بالتيار المستمر الذي يولد حقلاً من العزم المستقر في ملفات الثابت مما يؤدي إلى تباطؤ سرعة دورانه حتى الوقوف .
تستعمل الفرملة بالتيار المستمر لإيقاف المحرك بشكل أسرع .

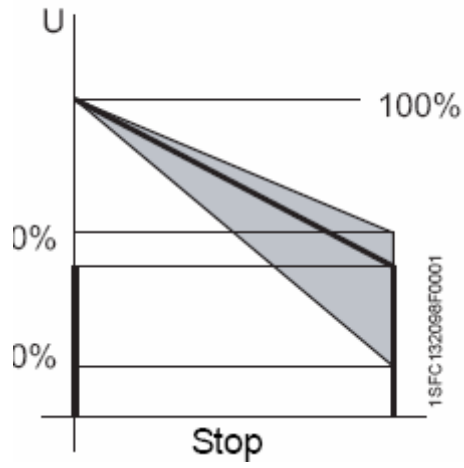
ب/١٣ - محركات الدائر الملفوف Slip Ring Motors

يمكن استخدام الإقلاع الناعم للعديد من محركات الدائر الملفوف ، ولكن في بعض الأحيان لا يعطي نتائج مرضية ، ومن المعلوم أنه من مزايا محركات الدائر الملفوف إنتاجها لعزوم كبيرة لمختلف مجالات سرعتها حتى عندما تكون تيارات الإقلاع صغيرة جداً ، وكذلك دقة التحكم بها عالٍ جداً . ولذلك من غير المنطقي استعمال الإقلاع على الناعم التي تحاول تقليل العزم أثناء الإقلاع لهذا النوع من المحركات .
وهناك خطأ شائع هو محاولة تحويل الدائر الملفوف إلى قفص سنجابي بقصر ملفاته أثناء الإقلاع ومن ثم إقلاعه بطريقة الإقلاع على الناعم ، إذ ستحدث بهذه الطريقة معطيات ليس داع لذكرها هنا ولكنها ستؤدي عند تخفيض التوتر بهذه الظروف سيؤدي إلى عزم إقلاع قليل جداً وبالتالي لن يقلع المحرك ، وبالتالي أفضل الطرق لإقلاع محركات الدائر الملفوف عن طريق ربط المقاومات إلى ملفات الدائر .

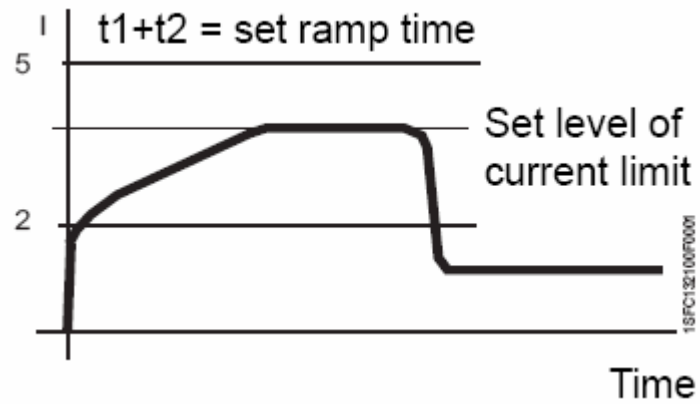
khuder@scs-net.org



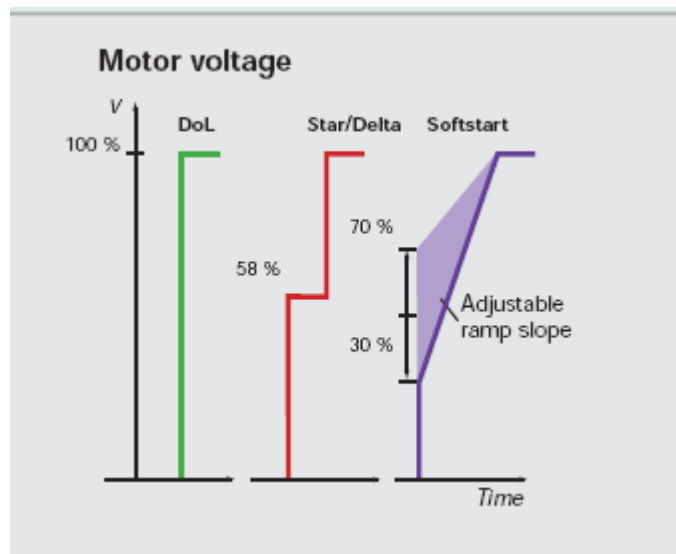
شكل يوضح التحكم بالتوتر عند الإقلاع



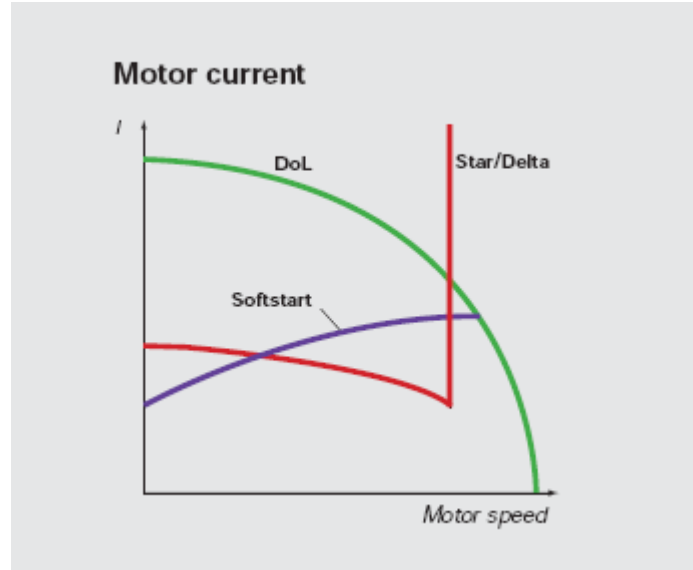
شكل يوضح التحكم بالتوتر عند الإيقاف



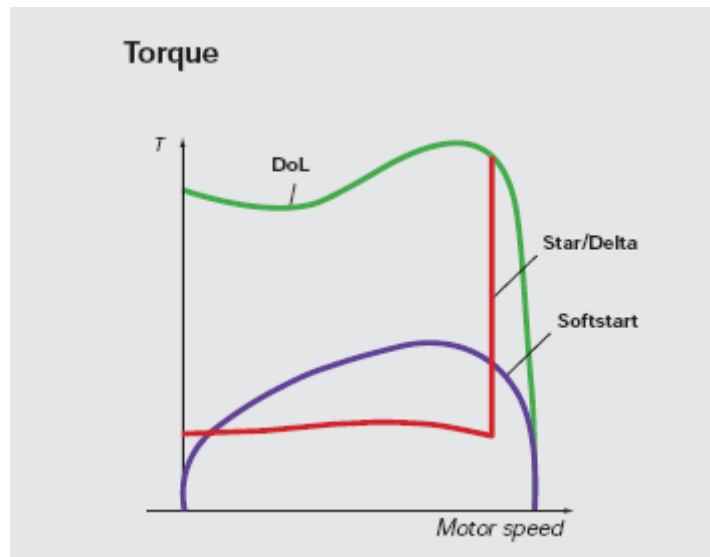
شكل يوضح التحكم بالتيار عند الإقلاع



شكل يوضح المقارنة لمنحنيات التوتر عند الإقلاع
للإقلاع المباشر والإقلاع (نجمي/مثثي) والإقلاع الناعم



شكل يوضح المقارنة لمنحنيات التيار عند الإقلاع
للإقلاع المباشر والإقلاع (نجمي/مثلثي) والإقلاع الناعم



شكل يوضح المقارنة لمنحنيات العزم عند الإقلاع
للإقلاع المباشر والإقلاع (نجمي/مثلثي) والإقلاع الناعم

ب/١٤ - القيم الاسمية لنظام الإقلاع على الناعم Ratings

إن القيم الاسمية لنظام الإقلاع على الناعم موجودة في النظام IEC947-4-2 حيث يوجد صنفان من نظام الإقلاع على الناعم وهما AC53a و AC53b

صنف AC53a : القيم الاسمية لهذا الصنف تتناسب مع حقيقة أن التيار يمر خلال SCRs في كل وقت عمل المقلع ، وهذا يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة دائرة توصيل SCR
صنف AC53b : القيم الاسمية لهذا النوع تتناسب مع حقيقة أن التيار يمر خلال SCRs خلال زمن الإقلاع فقط أما الفترات الزمنية بين الإقلاعات المتعاقبة فيكون بالحقيقة لتبريد SCRs أي ظروف عمل أفضل .

نقدم فيما يلي نموذجين للقيم الاسمية :
القيم الاسمية صنف AC53a :

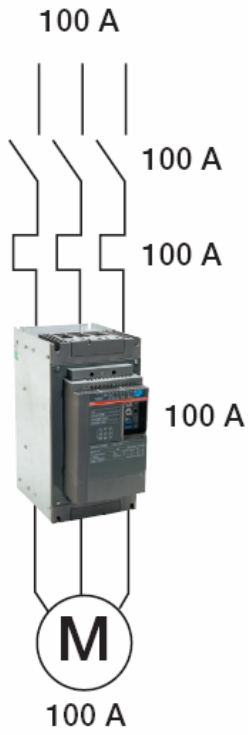
115 A	- قيمة تيار الإقلاع الاسمي (Starter Current Rating)
3.5*In	- نسبة تيار الإقلاع للتيار الاسمي (Start Current Ratio)
10 seconds	- زمن الإقلاع بالثانية (Start Time)
75%	- عامل جهد التحميل (On Load Duty Cycle)
10	- عدد الإقلاعات بالساعة (Starts Per Hour)

القيم الاسمية صنف AC53b :

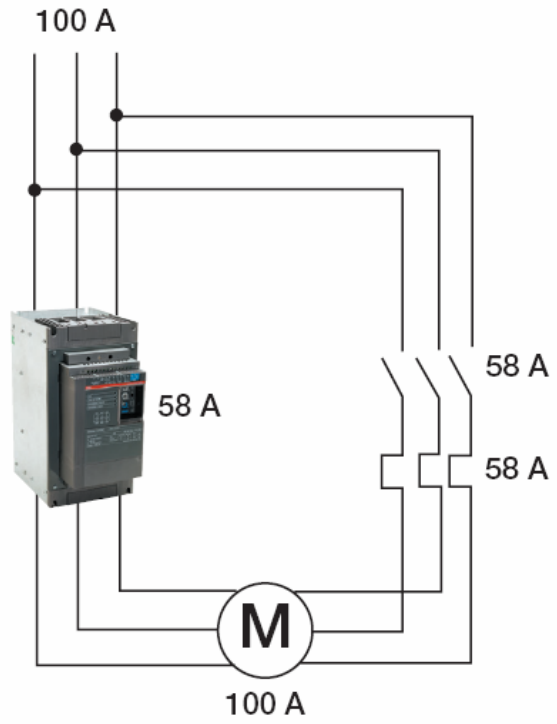
115 A	- قيمة تيار الإقلاع السمي (Starter Current Rating)
3.5*In	- نسبة تيار الإقلاع للتيار الاسمي (Start Current Ratio)
10 seconds	- زمن الإقلاع بالثانية (Start Time)
1445 Seconds	- زمن الراحة بين الإقلاعات المتعاقبة (Off Time)

مع الملاحظة الهامة أن التيار الاسمي يتغير في توصيلة المثلي

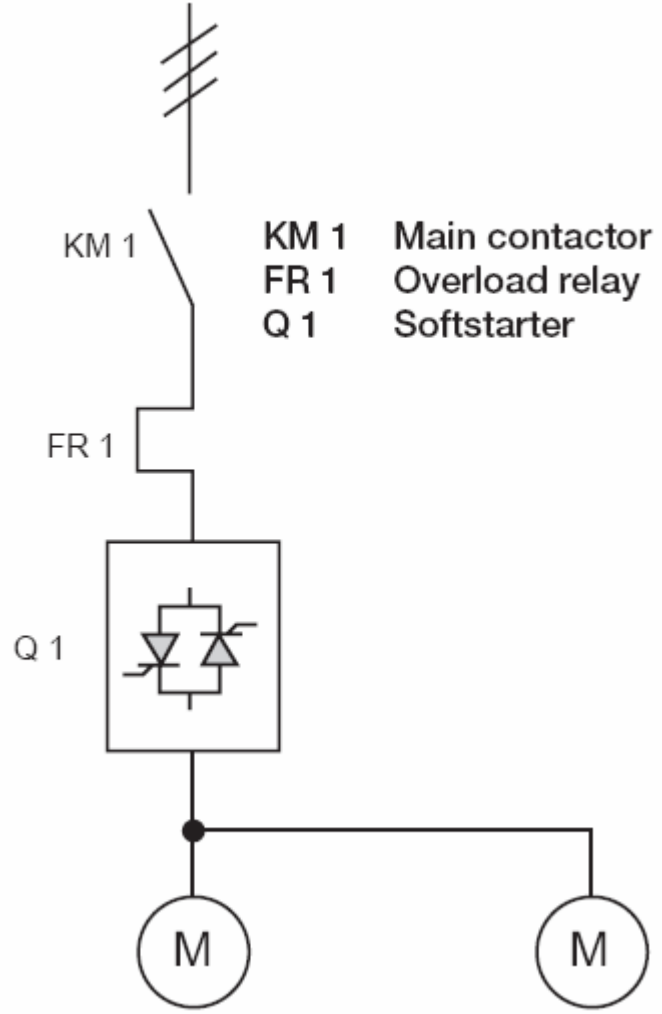
ب/ ١٥ - بعض أنواع دارات التوصيل للإقلاع على الناعم



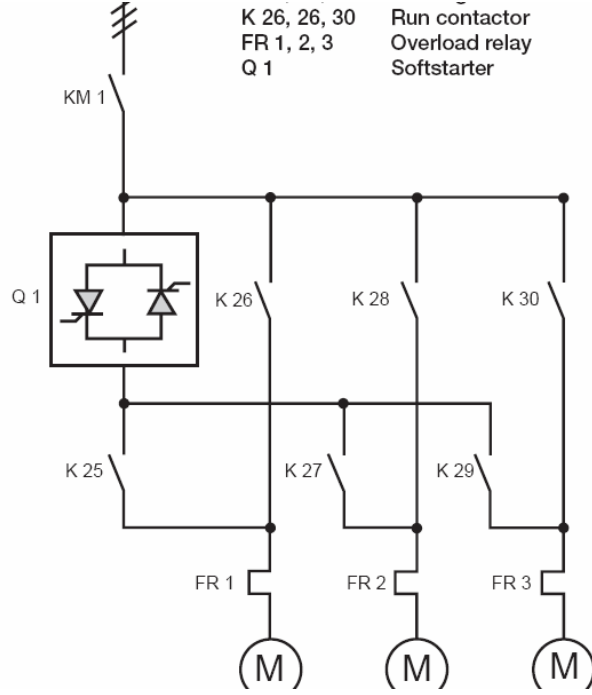
الإقلاع الناعم مباشر
على خط تغذية المحرك



الإقلاع الناعم ضمن التوصيل
مثلاثي



شكل يبين المقلع يغذي عدة محركات تعمل على التفرع وتقلع بنفس الوقت
وهنا يجب أن يتحمل المقلع مجموع التيارات الاسمية للمحركات بشكل دائم ويتحمل أيضاً
مجموع تيارات الإقلاع للمحركات خلال أكبر زمن إقلاع لأحد هذه المحركات



شكل يبين المقلع يغذي عدة محركات تعمل على التفرع ولكنها تقلع بشكل متعاقب
 هنا يجب أن يتحمل المقلع مجموع التيارات الاسمية للمحرك ولكنها تتحمل تيار الإقلاع لمحرك واحد وذلك خلال مجموع أزمان المحركات كلها.

ب/١٦ - شروط ومواصفات عامة لنظام الإقلاع الناعم

- النظام يتحكم بالتيار والتوتر عند الإقلاع (قابلية التعيير ، وإضافة لذلك يمكن التحكم بالعزم أيضاً حيث يكون تصاعد العزم تدريجياً عند الإقلاع
- يمكن التوقف عن طريق العزم أيضاً
- النظام المطابق IEC/EN 60947-4-2
- المصنع حائزاً على شهادتي ISO 9001 و ISO 14001
- يجب أن يؤمن النظام حماية كاملة للمحرك، ويمكن أن يقرأ المقلع تيار المحرك حتى في حال قصره عن طريق الكونكتورات
- درجة حرارة العمل عند العمل بالقيم الاسمية من -١٠ حتى +٤٠ س°
- الرطوبة النسبية حتى ٩٥%
- يحدد ارتفاع المكان (حتى ١٠٠٠ م) أو (فوق ١٠٠٠ م)
- يجب أن لا يتجاوز الضجيج 65 (DBA)
- تتضمن أجهزة الإقلاع مراوح للتبريد تعمل عن طريق ترموستات داخلي
- درجة التلوث 3 حسب IEC 60664-4-2
- صنف الاستعمال (مشروح بالفقرة السابقة)
- التردد الاسمي 50 هرتز ضمن مجال 20%- حتى 20%+ من التردد الاسمي
- التوتر الاسمي 380 فولت ضمن مجال 15%- حتى 20%+ من التوتر الاسمي
- يقدم العارض كامل المخططات التفصيلية لتوصيلات المقلع بشكل واضح
- يحتوي المقلع على كافة الحماية الضرورية (راجع جدول المواصفات لنظام القيادة المتغيرة السرعة) ونؤكد وجوب وجود حمايات: حماية من انخفاض الحمل على المحرك مع ريليه تأخير زمني ، وحماية من زيادة الحمل مع ريليه تأخير زمني ، وحماية من انقطاع طور أو اختلاف تتابع الأطوار وحماية من فتح تماس الحماية الخارجية
- يجب أن يتضمن النظام كل الوسائل اللازمة لربطه بكل متطلبات التحكم والمراقبة الضرورية
- المقلع قادر على إقلاع وإيقاف عدة محركات متماثلة بوقت واحد ، وفي حال وجود محرك استطاعته مغايرة لمجموعة المحركات فيجب أن يكون المقلع قادراً للعمل على ذلك
- يجب أن يكون المقلع قادراً على تسخين المحرك إذا توقف المحرك لفترة طويلة بتيار تسخين قابل للتعيير
- برمجة المقلع قابلة لوضع رقم سري (شفرة)

- المقلع مزود بشاشة عرض تظهر عليها (تيار المحرك- الاستطاعة الفعلية- حالة التيار بحالة تصاعد أو تناقص – عزم المحرك- حرارة المحرك- تسجيل الخطأ الأخير- عامل الاستطاعة- الوقت من بداية الإقلاع)
- برنامج المقلع الحسابي قادر على استعادة وتخزين وتثبيت وطباعة كافة القيم والإعدادات وإظهار كافة القيم والبارامترات وذلك بعدة لغات وأهمها الإنكليزية

khuder@scs-net.org

ج- أجهزة الإقلاع والقيادة الإلكترونية الصناعية وأهميتها بتوفير التكلفة في محطات ضخ المياه والمعالجة

ج/١- مقدمة

لوحظ نتيجة أبحاث جرت في مؤسسات الصرف الصحي ومياه الشرب في البلدان الصناعية أنه يوجد ثلاث إشكاليات في عمل هذه المؤسسات يتم معالجتها كي يتم الوصول إلى العمل الأمثل فنياً واقتصادياً (التكلفة أقل ما يمكن) ، وهذه الإشكاليات هي :

- استهلاك الطاقة الكهربائية
 - معالجة وسحب مياه المجاري
 - تسديد أجور الموظفين
- وقد لوحظ أن تكلفة استهلاك الطاقة تعادل ٣٠% من مجموع التكاليف الكلية المذكورة. وبالطبع سنتناول هنا موضوع كيفية تقليل استهلاك الطاقة وبالتالي تقليل تكلفتها ، وفي هذا السياق وجد أن استعمال أجهزة الإقلاع والقيادة الإلكترونية حل مثالي لذلك .

ج/٢- الإقلاع الناعم (الإقلاع الإلكتروني) و القيادة المتغيرة السرعة (الإلكتروني) Soft starter & Variable speed starter

في محطات ضخ الري حيث تعبأ الخزانات ليلاً فتتلع المحركات ثم يستقر عملها على الحمل الاسمي حتى ينتهي عملها عند الفجر تقريباً فتقف عن العمل ، في هذه الحالة تستعمل المقلعات العادية وهي كافية لهذا عمل ، بينما في مثال آخر حيث تغير تدفق المياه في نوافير المياه يتبعه تغير في عزوم الأحمال وبالتالي تغير متوالٍ في سرعة المحرك ، وهنا يجب استعمال القيادة المتغيرة السرعة .

المقلع الإلكتروني (الإقلاع الناعم) يقوم بعملية الإقلاع بشكل تدريجي حتى يصل المحرك إلى سرعته الاسمية ولكن بعد الانتهاء من عملية الإقلاع لا يوجد للمقلع الإلكتروني أي عمل في حال تغيرت سرعة المحرك لأي سبب كان ، لذلك يستعمل كمقلع بسيط للمحركات بما في ذلك محركات المضخات التي أحمالها مستقرة مثلما رأينا بمضخات الري ، ويمكن أن يحل محل المقلع (نجمي/ مثلثي) لأن مزاياه أفضل كما شرح بالفقرات السابقة. يستخدم في المضخات الطاردة المركزية كحل اقتصادي لتسريع المحرك عند الإقلاع وتبطينه عند الوقوف .

القيادة المتغيرة السرعة الإلكترونية تقوم هذه الطريقة على مبدأ التحكم بالاستطاعة المقدمة للمحرك ليتم تغيير السرعة حسب متطلبات الحمل ، ومن الجدير ذكره ان نظام عمل محرك تحريضي لمضخة + قيادة متغيرة السرعة تعطي حلاً أفضل بكثير من نظام التحكم بالصمامات (الحل الميكانيكي) الذي يعمل على تقليل مقطع الأنبوب الفعال بينما بطريقة القيادة الإلكترونية يجري تغيير سرعة المحرك حسب المطلوب لحظياً وهذا يؤدي إلى توفير كبير بالطاقة والاستغناء عن طريقة الصمامات الأكثر تعقيداً وأكثر تضییعاً للضغط .

ج/٣- مزايا الإقلاع الإلكتروني في محطات الضخ

- ** إخماد المطرقة المائية
- ** إقلاع سهل التنظيم بغض النظر عن حالة الحمل
- ** حمايات أساسية مثل الحماية من الدوران على الناشف ، انقطاع أحد أطوار التغذية انعكاس الأطوار
- ** حماية حرارية للمحرك
- ** تقليل التذبذبات التي تحدث عند الإقلاع مثل ذروة تيار الإقلاع وهبوط التوتر
- ** يمكن (حسب الطلب) أن يتحكم به عن بُعد
- ** التقليل من تكلفة العمل (تقليل استهلاك الطاقة وبسبب التحكم العالي السوية بالمطرقة المائية والحالات المفاجئة تزيد أعمار الأجهزة والأنابيب و الصيانة)

ج/٤- مزايا القيادة الإلكترونية المتغيرة السرعة

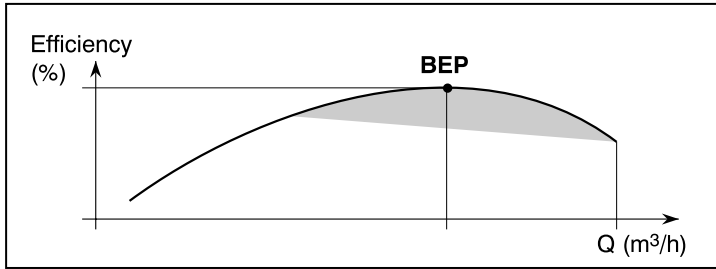
إضافة لمزايا الإقلاع الإلكتروني تضاف المزايا التالية :

- ** إمكانية ضبط التدفق أو الضغط حسب المستوى المطلوب
- ** التخلص من طريقة التحكم بواسطة الصمامات
- ** عمل أتمتة كامل
- ** تحكم بسيط وموثوق
- ** توفير هام باستهلاك الطاقة الكهربائية
- ** مردود عالي الجودة في العمل

ج/٥- المزايا الاقتصادية للقيادة الإلكترونية المتغيرة السرعة

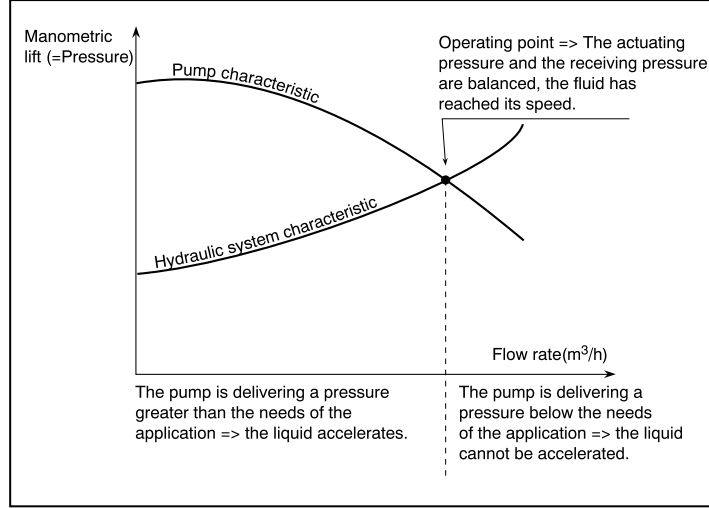
إن الخبرة الحقيقية في هذا المجال ، هو في تقليل التكلفة قدر الإمكان لتصل إلى حالة العمل المثلى لأطول فترة زمنية ممكنة .

- * الشكل رقم (١) يظهر منحنى المردود وعلاقته بالتدفق (Q) وذلك لمضخة طاردة مركزية وهي الأكثر شيوعاً بالاستخدام ، حيث المنحنى المرسوم ضمن الظروف التالية :
- الضغوط الميكانيكية على عناصر شبكة المياه طبيعية ومتوازنة
 - المردود الكلي للطاقة جيد
 - النقطة BEP هي التي تمثل أفضل مردود للمضخة عند تدفق معين ، أما من أجل عدة مضخات فهي نقطة الإهتراء الأقل (الضغوط والاهتزازات الميكانيكية أقل ما يمكن)



الشكل ١

* الشكل رقم (٢) يظهر المنحني الخاص بالنظام الهيدروليكي (التدفق والضغط) إضافة لمنحني عمل المضخة الطاردة المركزية للحصول على النقطة المثلى للعمل .



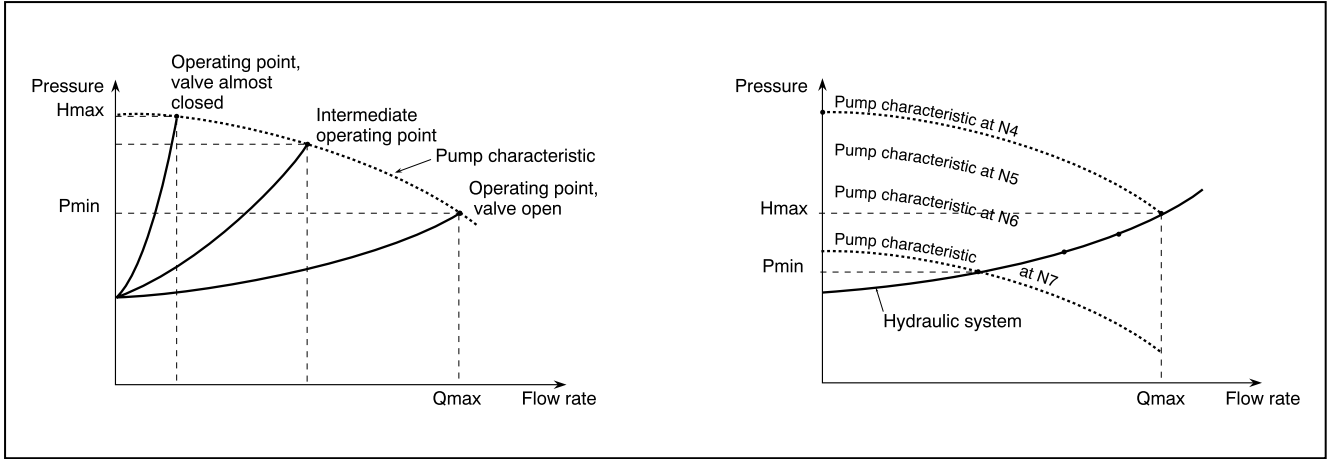
الشكل ٢

* الشكل رقم (٣) يتضمن منحنيات مقارنة بين طريقة القيادة بواسطة التحكم بالصمامات والقيادة بالسرعة المتغيرة ، حيث نلاحظ بالمنحنيات الخاصة بحالة الصمامات (a) أنه يوجد منحني واحد للمضخة مع تغير لحالة الصمام :

= حالة الصمام مفتوح بالكامل يكون التدفق أعظم مايمكن عندئذ وبالتالي الاستطاعة أقل مايمكن

= وهكذا يتدرج حالات الإغلاق الشبه مغلق حيث الاستطاعة أعظم مايمكن

أما المنحنيات الخاصة بطريقة القيادة بالسرعة المتغيرة (b) فنلاحظ عدة منحنيات لعمل كل حالة تتبع حالة غزارة التدفق ، فعند التدفق الأكبر يكون الضغط الأكبر وبالتالي الاستطاعة الأكبر وكلما قلّ التدفق يقلّ الضغط وبالتالي تقلّ الاستطاعة وهذا مايميز القيادة المتغيرة السرعة.

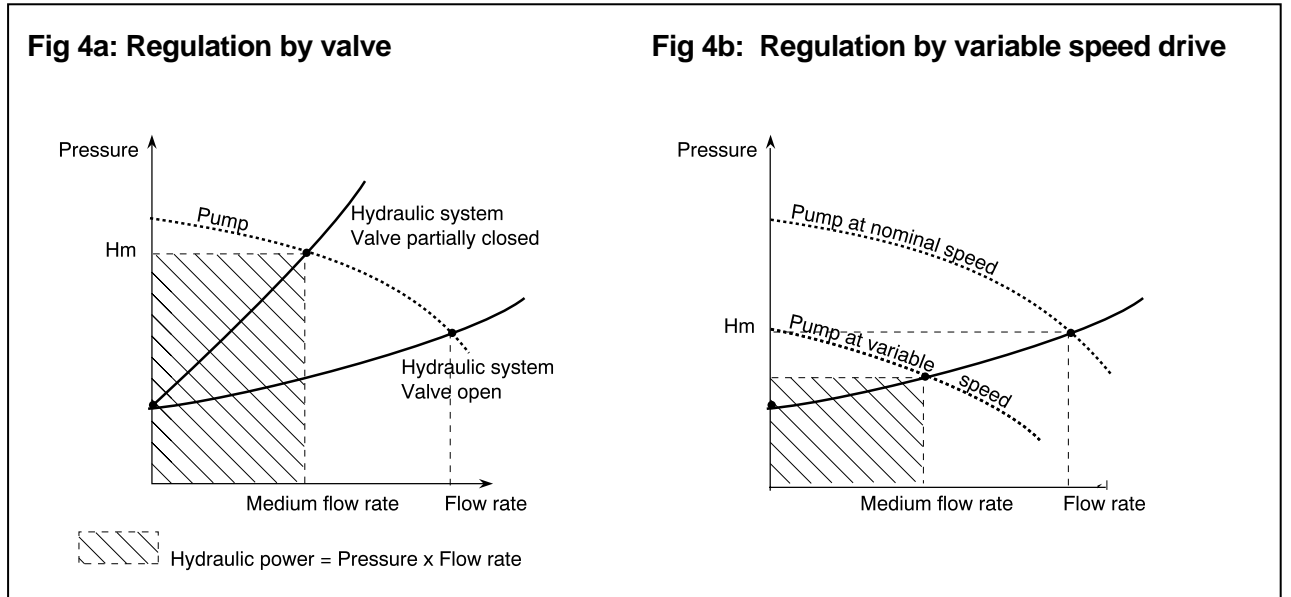


الجزء a

الجزء b

الشكل رقم ٣

*الشكل رقم (٤) يبين كيفية إمكانية الحصول على ظروف العمل المثلى وذلك بإمكانية تغيير الضغط بحالة القيادة المتغيرة السرعة b مقارنة مع حالة الصمامات a .



الشكل ٤

ج/٦- مقارنات لمشاكل إقلاع وإيقاف المحركات حسب طرق الإقلاع المختلفة

طريقة الإقلاع				نوع المشكلة
الإقلاع الناعم	السرعة المتغيرة	نجمي/مثلي	المباشر	
لا	لا	وسط	نعم	احتكاك واهتراء كبيرين على المساند
لا	لا	لا	نعم	تيار الإقلاع كبير
لا	لا	نعم (عند الإقلاع على الحمل)	نعم	إهتراء وإجهاد على علبة السرعة
لا	لا	نعم	نعم	تخريب البضائع/منتجات خلال التوقف
يقلل التأثيرات	أفضل حل	نعم	نعم	المطرقة المائية عند التوقف
لا	لا	نعم	نعم	انتقال الذروات

بالنسبة للإقلاع بطريقة المحول الذاتي ، تتطابق مشاكله مع طريقة الإقلاع نجمي/مثلي

ج/٧- توافقيات التشوه

بما أن عناصر أجهزة القيادة المتغيرة السرعة والإقلاع الناعم إلكترونية فسوف تنشئ توافقيات تشوه موجات التوتر والتيار إضافة للأجهزة الأخرى التي تنشئ مثل هكذا توافقيات وحسب IEEE 519 – 1992 فيجب أن يكون هناك نقطة تفاهم مشتركة بين المستهلك للطاقة الكهربائية وبين شركة الكهرباء في البلد المعني تسمى (نقطة التزاوج المشتركة) PCC (Point of common coupling) وهي قيمة يجب أن لا تتعداها قيمة التوافقيات المشوهة الناشئة عن المستهلك الصناعي أو التجاري وعلى كل يقدم للمصنع كامل أحمال المشروع ونوعها والمحولة المغذية للمشروع (استطاعتها والممانعة المئوية % Z والنسبة R/X) ليتم حساب التوافقيات الناتجة من قبله وفي حال تجاوزت قيمة التوافقيات القيمة المطلوبة فيجب أن يعتمد لتقليلها (باستخدام فلترات التوافقيات مثلاً) وذلك بما يتناسب مع الأنظمة العالمية IEEE 519-1992 guideline و IEC 61800-3-2

ج/٨- شروط عامة لنظام القيادة المتغيرة السرعة

- شروط على المصنع
- إضافة لنظام IEC يجب أن يكون حائزاً على شهادات ISO 4001 , ISO 9001 وأن يقدم شهادة المنشأ.
- يجب أن يكون للشركة المصنعة مكتب ممثل لها بشكل رسمي ولديه العناصر الفنية القادرة على تركيب الأجهزة والنظام بشكل كامل وتقديم الدعم الفني عند الطلب .

ج/٩- النظم المعتمدة

- ANSI/NFPA 70 : National Electrical Code
- EN50178 : Electronic equipment for use in power installation
- CSA C22.2 No. 14-M91 : Industrial Control Equipment
- IEC 68 Part 2-3 : Basis Environmental Testing Procedures Part 2: Tests – Test Ca: Damp Heat
- IEC 146.1 : Semiconductor Converters – General Requirements and Line Commutated Converters Part 1-1: Specifications of Basic Requirements
- IEC 664 : Insulation Co-ordination for Equipment Within Low-Voltage Systems
- IEC 447 : Man-Machine Interface Actuating Principles
- IEC 439 Part 1 :Low Voltage Switch gear and Control gear Components
- IEC 364 : Electrical Installation of Buildings
- IEC 204/NFPA 79 : Electrical Equipment of Industrial Machines/Industrial Machinery
- IEC 106 : Guide for Specifying Environmental Conditions for Equipment Performance Rating
- IEC 529 : Degrees of protection Provided by Enclosure
- IEC 1000 : Electromagnetic Compatibility
- IEC 1800 : Adjustable speed Electrical power drive systems
- IEC 721 : Classification of Environmental Conditions
- IEC 255-8 : Overload Relays
- IEC 801-2,-3,-4,-5 : Immunity Tests
- NEMA ICS Part 4 : Overload Relays
- NEMA ICS7 : Industrial Control and Systems Variable Speed Drives
- UL 508C : UL Standard for Safety Power Conversion Equipment

ج/١٠ - المواصفات لأجهزة نظام القيادة المتغير السرعة

- إضافة لما سبق من فقرات يمكن أن تؤخذ بعين الاعتبار سواء فيما يتعلق بالإقلاع الناعم أو غيرها ، وشرط أن يكون التحكم كاملاً ورقمياً يجب أن تحتوي المواصفات على الأقل ظروف العمل كمثل على ذلك ما يلي

توتر الدخل الاسمي	480V +10%, three-phase, or 380V -15% ثلاثي الطور أو 240V +10%, single-phase أحادي الطور 200V -15% كمثل حتى (5.5) ك.واط
تردد الدخل الاسمي	48 – 63 Hz للشبكة العامة أما عندما يعمل النظام على مجموعة التوليد فمجال تردد الدخل من 40 إلى 72 HZ
عامل الاستطاعة	0.97 على الأقل وذلك عند الحمل الاسمي
المردود	98 % على الأقل عند الحمل الاسمي
توتر الخرج	0 - U _N , three-phase ثلاثي الطور
مجال تردد الخرج	0 to 1000 Hz قابل للتعبير ، لاستطاعات حتى 37 ك.واط 0 to 500 Hz قابل للتعبير ، لاستطاعات فوق 37 ك.واط
زمن التسارع والتباطؤ	0.01 – 999.9 ثانية ، قابل للتعبير ، يقدم شكل التابع الزمني أو حسب طلب الزبون
زيادة الحمل المسموح به	110% أو 120% من التيار الاسمي لمدة (١) دقيقة كل خمسة دقائق
درجة حرارة المحيط	-10°C حتى +50 °C
درجة حرارة التخزين	-25°C حتى +70 °C
ارتفاع مكان العمل	حتى 1000 m ، بدون مشكلة للتيار الاسمي ضمن المجال (١٠٠٠حتى٣٠٠٠) م ، يقل التيار الاسمي ١% كل (١٠٠) م
الرطوبة العظمى حسب (IEC 60068-2-3)	5...95 %
النظم الحاكمة للتآكل الأعظمي من هواء التبريد	IEC 721-3-3, class 3C1. In option, conformal
النظم الحاكمة للغازات الكيميائية	IEC 721-3-3 Class 3C2
نظم عناصر الدارات المستمرة solid	IEC 721-3-3, class 3S2
نظام سوية الاهتزاز الأعظمي	(IEC 60068-2-6)
نظام سوية الصدمة	according to IEC/EN 60068-2-27
درجة تلوث المحيط الأعظمي حسب النظم: IEC/EN 61800-5-1 UL 508C	Degree 2 حتى (15) ك.واط Degree 3 أكبر من (15) ك.واط
الحمايات الرئيسية	<ul style="list-style-type: none"> - زيادة التيار - القصر بين الأطوار - قصر طور مع الأرض - انقطاع طور للدخول - انقطاع طور من المخرج - الحماية من زيادة حمل المحرك أي حماية حرارية إلكترونية للحماية من زيادة الحمل المستجر والتي يجب أن تتوافق مع Class 20 overload protection and meets IEC 947 النظام ويجب أن لا يقل مجال تعييرها من ٠,٢٥ حتى ١,٣٦ %

	<ul style="list-style-type: none"> - زيادة التوتر - هبوط التوتر - زيادة السرعة - زيادة درجة الحرارة - زيادة الحرارة - أية أعطال داخلية <p>تغطية أي عطل بدارة التحكم دون انقطاع بالتغذية من أجل نظام تناقص السرعة أي الوقوف فيه حالات (الوقوف الحر- الوقوف السريع – الفرملة بالتيار المستمر أي الوقوف بأسرع مايمكن)</p> <p>- هناك كثير من مزايا عمل النظام بشكل آمن ودون تعطل للعمل</p>
--	--

:

khuder@scs-net.org

:

ج/١١- أمثلة عملية

أ- محطة ضخ

** في إحدى المدن السياحية حيث كثافة الناس تختلف حسب الفصول وبالتالي يختلف أيضاً حسب مواسم السنة كثافة استهلاك المياه ، تم استعمال مضخات دفع سطحية على عمق (٢٠٠) م بتدفق (٤٥٠) م^٣/الساعة لأبار (٣٥٠) م . تم استعمال نظام التحكم والقيادة المتغير السرعة التي تتناسب مع تغيرات الاستهلاك وتوفيراً للطاقة .

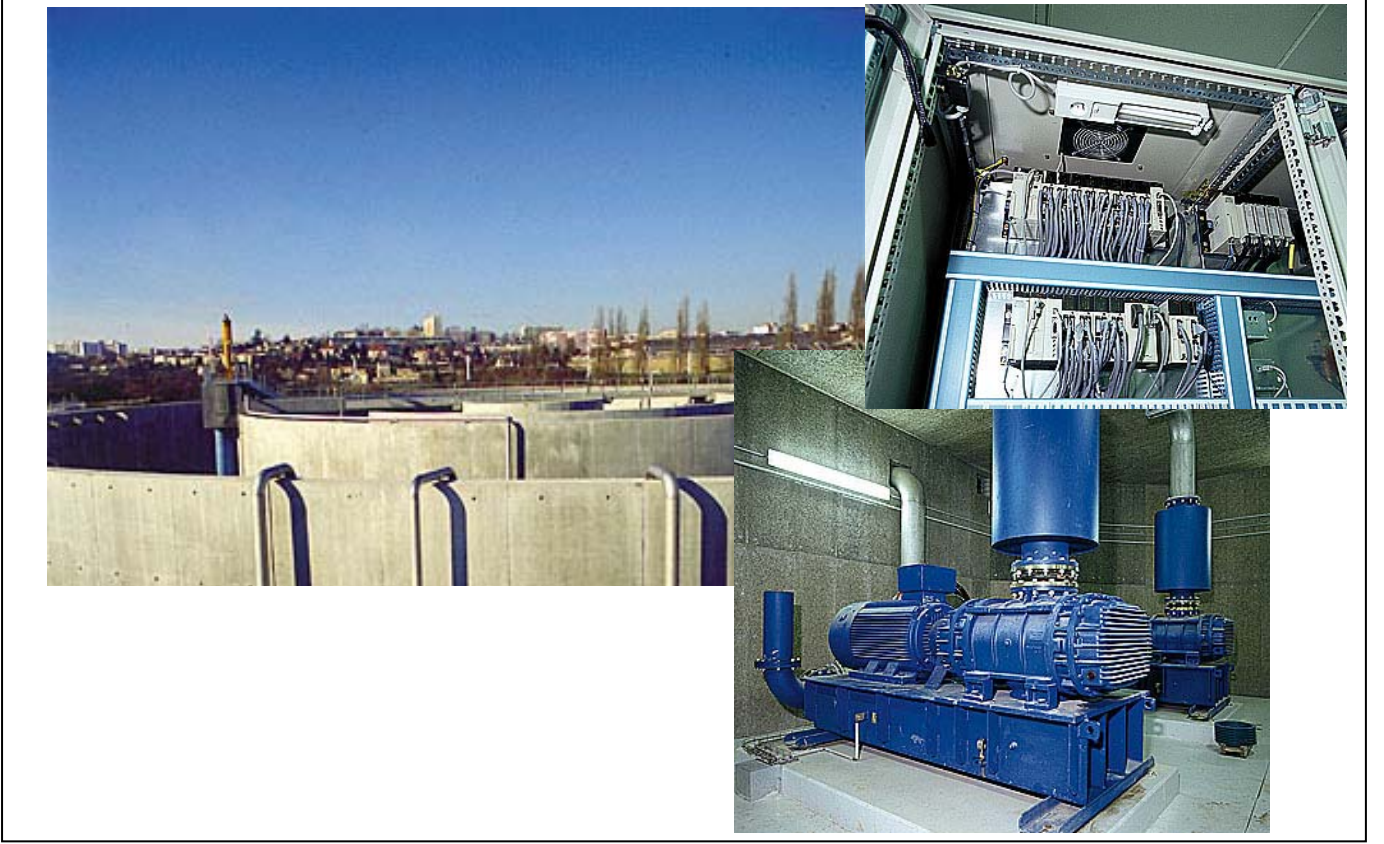


محطة الضخ

ب- محطات الصرف الصحي والمعالجة

** في مدينة أخرى حيث عدد السكان (٢٣٦٠٠٠) يوجد محطتان للضخ والمعالجة ، تم الاضطرار لتحديث نظام عمل المحركات للأسباب التالية :

- == ليكبج وينظم تفريغ مياه الصرف الصحي مباشرة إلى النهر
- == لتكبير سعة استيعاب محطة المعالجة
- == للإدخال الكامل لمعالجات النتروجين والفوسفور
- إن العمليات البيولوجية تتطلب تحكماً بتدفق الهواء وخاصة التزويد المستقر للأكسجين للخزانات وذلك بواسطة ضواغط يتم التحكم بمحركاتها بنظام القيادة المتغير السرعة



محطات الصرف الصحي والمعالجة

khuder@scs-net.org

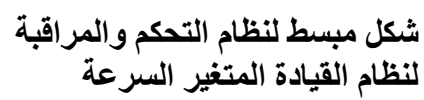
** مثال آخر عن محطة معالجة الصرف الصحي لمدينة أخرى التي تصرف حوالي (٢٠٠٠٠٠) م^٣ / يومياً عندما تم الاضطرار لتكبير سعة استيعابها وتحديثها كي تواكب النظم الأوربية بما في ذلك أنظمة التحكم الكاملة ، عندئذ تم استعمال نظام القيادة المتغيرة السرعة .

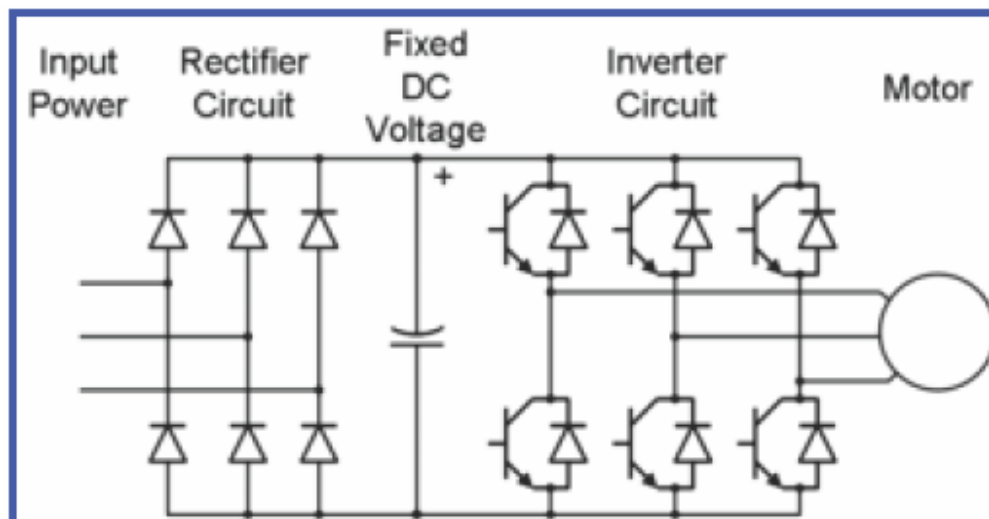
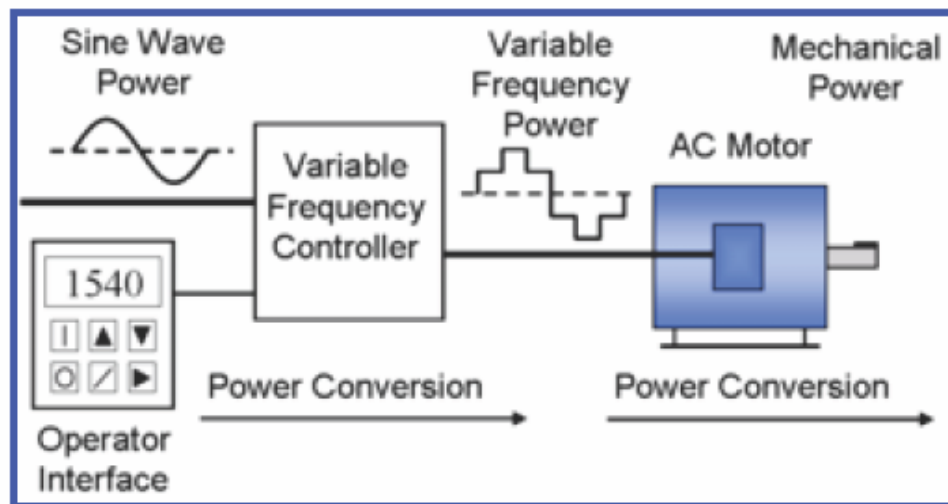


محطة معالجة الصرف الصحي لمدينة بودابست عاصمة هنجاريا

ج/١٢ - الإرادة القوية لتوفير هدر المال وزيادة المردود

إن استعمال القيادة المتغيرة السرعة إضافة لما سبق ذكره من ميزات اقتصادية من توفير بالطاقة وإطالة عمر الأجهزة وما شابه هناك ميزات اقتصادية أخرى مثل قلة التكلفة الكبيرة لنظام التحكم والمراقبة والأتمتة القريبة والبعيدة سواء كسعر مقارنة مع النظم التقليدية وأيضاً الوثوقية العالية لاستمرار العمل وعدم توقفه مما يؤدي لخسائر مادية قد تكون كبيرة .
ومن ناحية أخرى إن نظام المراقبة والتحكم بسيط والعمل به يؤدي إلى توفير كبير بالوقت والشكل التالي يعطي فكرة عن ذلك





المراجع العلمية:

إضافة لما ذكر من نظم عالمية في نص المحاضرة :

- Reference books from:

- * Schneider electric company
- * ABB company
- * Siemens company
- * AU com Electronic company
- ** Scintific sites as:
 - Static.teriin
 - Jimdgray
 - Vijayenerg
 - Lmphotronics
 - Wikipedia
 - ...etc.